

Etude de l'influence de la fertilisation azotée sur le développement racinaire du froment d'hiver (*Triticum aestivum* L.)

Utilisation de l'imagerie hyperspectrale proche infrarouge pour étudier l'effet de la fertilisation azotée sur la densité racinaire du froment.

Damien Eylenbosch(1), Juan Antonio Fernández Pierna (2), Vincent Baeten (2), Bernard Bodson (1)

(1) Phytotechnie tempérée, AgroBioChem, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Belgique.

(2) Qualité des produits, Départements Valorisation des productions, Centre de Recherche Agronomique wallon, Belgique.

d.eylenbosch@ulg.ac.be

Avec la collaboration de Benjamin Dumont, Guillaume Fraipont et Rodrigo Meza.

Etude de l'influence de la fertilisation azotée sur le développement racinaire du froment d'hiver (*Triticum aestivum* L.)

Cet article présente les premiers résultats obtenus dans un essai sur l'effet de fertilisation azotée sur le système racinaire du froment d'hiver. La quantification des racines a été réalisée sur base d'échantillons de sol analysés, après lavage, par imagerie hyperspectrale proche infrarouge. Cette méthode d'analyse de prélèvements racinaires permet de quantifier les racines sans devoir les séparer préalablement des résidus de culture présents dans les échantillons de sol et sans devoir les peser. Pour le prélèvement racinaire réalisé au stade redressement de la culture de froment, aucun effet de la fertilisation azotée apportée au stade tallage n'a pu être mis en évidence. Une diminution de la densité racinaire sur les 90 cm de sol étudiés a par contre été clairement mesurée.

Effect of nitrogen fertilization on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) root growth

This article presents the first results obtained in a field trial on nitrogen fertilization effect on winter wheat root development. Root quantification was based on soil coring and near infrared hyperspectral images acquired on washed samples. This method allows root quantification without weighing and without sorting of roots and crop residues extracted together from soil samples. At jointing stage, no effect of tillering nitrogen fertilization was observed. A decrease of root density on the 90 first cm of soil was nevertheless clearly measured.

INTRODUCTION

Parmi toutes les pratiques culturales réalisées sur la culture en place, c'est probablement la fertilisation azotée qui a le plus d'impact sur le rendement. L'azote apporté va être assimilé par la plante via ses racines. La distribution des racines dans le sol et au court du temps va donc déterminer de manière importante l'accessibilité de cette ressource pour la plante (Wang et al., 2014). Or, la manière dont les apports d'azote minéral apportés en cours de culture vont influencer le développement racinaire est encore mal connue (Rasmussen et al., 2015). Ce manque de connaissances peut s'expliquer par la difficulté de suivre le développement racinaire des cultures en conditions de plein champ vu le travail et le temps

nécessaire pour extraire les racines du sol et réaliser les mesures (Plaza-Bonilla et al., 2014).

Afin de faciliter le suivi du développement racinaire du froment au sein de différents horizons de sol, l'imagerie hyperspectrale proche infrarouge a été testée pour quantifier les racines extraites de carottes de sol (Eylenbosch et al., 2014). L'objectif de cette étude était de tester dans quelle mesure l'imagerie hyperspectrale proche infrarouge pouvait être utilisée pour étudier l'effet de la fertilisation azotée sur l'enracinement du froment d'hiver.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

La réponse d'une culture de froment d'hiver (*Triticum aestivum* L.) conduite selon cinq modalités de fumure azotée

différentes en termes de dose (0 ou 180 kg N/ha) et de fractionnement (Tableau 1) a été étudiée. Le prélèvement des racines a été réalisé par carottage de sol à l'aide d'une sonde de 30 mm de diamètre sur 90 cm de profondeur. Les carottes de sol ont été divisées en trois horizons de 10 cm pour les 30 premiers cm du sol et en trois horizons de 20 cm pour le reste du profil étudié.

Tableau 1 – Protocole de l'essai sur la fertilisation azotée du froment d'hiver. Les apports d'azote (kg/ha) ont été réalisés à 3 stades clés de la culture.

Modalité	Stade 21	Stade 31	Stade 37	Total
1	0	0	0	0
2	60	60	60	180
3	30	60	90	180
4	30	90	60	180
5	90	30	60	180

Les stades phénologiques 21, 31 et 37 correspondent respectivement aux stades tallage, redressement et dernière feuille selon l'échelle BBCH améliorée. 180 kg N/ha équivaut à une fertilisation azotée raisonnée pour un froment d'hiver semé après betterave dans les sols limoneux de Wallonie (Belgique).

Après lavage des échantillons de sol, les éléments récupérés sur un tamis ont été passés sous une caméra hyperspectrale qui a permis l'acquisition d'un spectre proche infrarouge de 209 longueurs d'ondes pour chaque pixel de l'image. L'analyse de ces spectres par des algorithmes d'analyse discriminante a ensuite permis de discriminer les racines des autres éléments présents sur les images (résidus de la culture précédente, particules de sol). La quantification racinaire a ensuite été réalisée grâce à la relation linéaire permettant la conversion du nombre de pixels de racines détectées sur l'image en masse de racines présentes dans l'échantillon. Cette nouvelle méthode de quantification associée à la méthode de prélèvement de sol par carottage permet de s'affranchir de l'étape de tri manuel et de pesée des échantillons qui était jusqu'à présent nécessaire.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Seuls les résultats du prélèvement racinaire réalisé au stade redressement de la culture (BBCH 31) sont présentés à la Figure 1. Les densités racinaires du froment d'hiver mesurées dans cinq horizons de sol sont comparées pour les quatre modalités de fertilisations (0, 30, 60 ou 90 kg N/ha) apportées au stade tallage de la culture (BBCH 21), trois semaines avant le prélèvement racinaire.

Au stade redressement, aucun effet de la fertilisation azotée n'a pu être mis en évidence sur la densité racinaire du

froment. Les prélèvements réalisés au sein des différents horizons de sol ont néanmoins permis de mettre en évidence une décroissance de la densité racinaire sur les 90 cm de sol analysés. Au stade redressement, 75 % des racines prélevées provenaient des 30 cm supérieurs du sol. L'essai sur la fertilisation ayant été mis en place après un labour sur 25 cm, le développement racinaire semblait, à ce stade de la culture, plus affecté par la structure du sol que par sa teneur en azote.

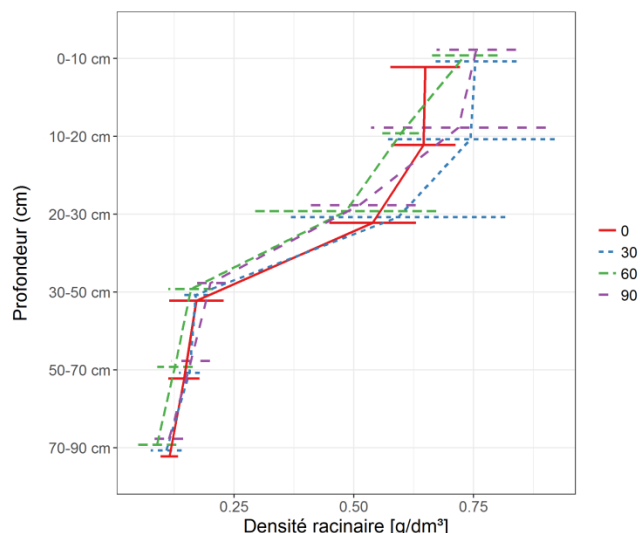


Figure 1 – Densité racinaire du froment d'hiver mesurée au stade redressement sur 90 cm dans un sol agricole. Comparaison de quatre niveaux de fertilisations azotées apportées au stade tallage de la culture.

CONCLUSION

Cette première utilisation de l'imagerie hyperspectrale proche infrarouge pour étudier l'effet de la fertilisation azotée sur le développement racinaire de la culture de froment d'hiver a montré ses capacités à déterminer la densité racinaire présente dans différents horizons de sol. A la date du prélèvement, lorsque la culture de froment était au stade redressement, aucune différence de densité racinaire n'était observable entre les différents niveaux de fertilisation (compris entre 0 et 90 kg N/ha apporté au stade tallage). Une décroissance très claire de la densité racinaire sous 30 cm de profondeur a par contre été observée dans le sol. L'étude va être poursuivie sur des prélèvements réalisés à d'autres stades de développement pour connaître l'effet des différentes fractions azotées sur le développement racinaire du froment. Les données seront combinées à la quantité de biomasse produite par les plantes afin de connaître la manière dont la plante alloue ses ressources au développement de ses différents organes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Eylenbosch D. et al., 2014. Detection of wheat root and straw in soil by use of NIR hyperspectral imaging spectroscopy and Partial Least Square discriminant analysis. In P. Pépó & J. Csajbók, eds. 13th Congress of the European Society for Agronomy. Debrecen, Hungary, pp. 237–238.
- Plaza-Bonilla D. et al., 2014. Winter cereal root growth and aboveground–belowground biomass ratios as affected by site and tillage system in dryland Mediterranean conditions. *Plant Soil*, 374(1–2), pp.925–939.
- Rasmussen I.S., Dresbøll D.B. & Thorup-Kristensen K., 2015. Winter wheat cultivars and nitrogen (N) fertilization-Effects on root growth, N uptake efficiency and N use efficiency. *European Journal of Agronomy*, 68, pp.38–49.
- Wang C. et al., 2014. Effects of different irrigation and nitrogen regimes on root growth and its correlation with above-ground plant parts in high-yielding wheat under field conditions. *Field Crops Research*, 165, pp.138–149.